蝶と蛾 *Lepidoptera Science* **64** (2): 50–58, July 2013

関東において発生したソテツの害虫クロマダラソテツシジミの分布拡大の様相と遺伝子解析

岩野秀俊・畠山吉則

252-0880 神奈川県藤沢市亀井野 1866 日本大学生物資源科学部応用昆虫学研究室

Outbreaks of the cycad pest *Chilades pandava* (Lepidoptera, Lycaenidae) in the Kanto region: distribution and genetic analysis

Hidetoshi IWANO and Yoshinori HATAKEYAMA

Laboratory of Applied Entomology, College of Bioresources, Nihon University, 1866 Kameino, Fujisawa City, Kanagawa, 252-0880 Japan

Abstract In 2009, several reports confirmed the appearance of widely distributed adult and larval colonies of the Cycad Blue butterfly, *Chilades pandava* in the Kanto region of Japan, but no *C. pandava* outbreak was reported in the same region in 2010. This suggested that colonies failed to survive the winter. However, in 2011, outbreaks reoccurred in limited areas such as Tokyo and a part of Kanagawa Prefecture. We investigated the origins of *C. pandava* colonies in Kanto in 2009 and carried out a genetic analysis to determine how closely these colonies were related to those of the Kii Peninsula, and the Kansai, Chugoku, Shikoku, Kyushu, and Okinawa regions. A phylogenetic tree based on the sequence results was constructed and showed that *C. pandava* colonies found in Japan can be divided roughly into two closely related groups. This suggests that *C. pandava* spread to Kansai and Kanto on more than one occasion. However, genetic differences were negligible among specimens captured at locations within the Kanto region, suggesting a common origin.

Keywords *Chilades pandava*, *COII*, Cycad blue butterfly, genetic analysis, genome DNA, habitat, Lycaenidae, maximum likelihood, neighbor-joining method.

はじめに

クロマダラソテツシジミ *Chilades pandava* (Horsfield 1829) は，東南アジア一帯からインド，中国南部，台湾などに至る熱帯から亜熱帯地方にかけて広く分布するシジミチョウの一種であり（矢後，2007)，ソテツの新葉や新芽を食害する害虫として知られている（Wu *et al*., 2010)．日本での記録は1992年に沖縄本島にて記録されて（三橋，1992）以来，八重山諸島や沖縄本島，奄美群島などで散発的に知られていたが，近年になってこれらの地域で多発するだけでなく，四国や本州以西にも分布域を拡大していることが報告されている（平井，2009)．このように関西以西の西日本を中心とした分布拡大が懸念され，これまで本種の本州における記録は，2007年に兵庫・大阪から報告され，また2008年には広島・岡山・兵庫・大阪・奈良・和歌山・三重（宮本，2009)・愛知県まで拡大したことが報告されている（平井ら，2009）が，少なくても2008年までは愛知県を除く東海地方や関東地方までは記録報告がないため，本種の分布は当地方までは拡大していなかったと推察できる．2008年までに得られた本種の防除対策を含めた生態的知見などは，文献記録として岩ら（2009）は報告した．しかし，2009年以降になると，東京都内（蓑原・矢後，2009）をはじめ，神奈川県（柳本，2010)，千葉県（斉藤ら，2009; 平井・小林，2010)，静岡県内の一部地域（岩野ら，2010）から本種の成虫や幼虫が次々と確認されるに至り，本種の分布範囲は，広く南関東地方一帯にまで拡大したことが明らかになった．

このように，関東におけるクロマダラソテツシジミの分布拡大はこれまで事例がないため，はたしてこれらの個体がどこから由来したものであり，また各産地の個体群間との相違を知ることは大変興味深いことであると考えた．

そこで筆者らは，関東地方の各地において発生した本種個体群の分布拡大の様相を取りまとめてみた．合わせてそれら個体群の発生起源を探り，既知産地である紀伊半島・関西・中国・四国・九州・沖縄地方などの個体群との関係を検討するため，今回は2009年に関東地方から発見された個体群について遺伝子配列に基づいた遺伝子解析を行ったので報告する．

材料および方法

1. 確認記録の収集

関東地方における本種の記録報告の収集には，公表された文献（矢後・蓑原，2009；蓑原・矢後，2009）による記録の抽出だけでなく，チョウ類愛好家の研究会である「相模の蝶を語る会」のメーリングリスト（以下，ML）ならびに東京都の記録に関しては「グループ多摩虫」のMLの一部に報告された本種の記録の中から，記録場所・調査日・

報告者・確認個体が異なっている記録報告を抜粋・抽出して表を作成した(表 1). これらから記録場所や記録日などを整理してまとめたうえで分布状況を作図した(図 1,2). なお, MLのデータ使用にあたっては, すべての報告者から掲載許諾の認可をいただいた.

2. 標本の収集と産地

今回は, 千葉・東京・神奈川・静岡県を含む南関東地方ならびに関西, 中国, 四国, 九州, 沖縄地方で採集あるいは飼育された本種の成虫標本について, 14都府県（千葉・東京・神奈川・静岡・和歌山・奈良・大阪・兵庫・岡山・香川・高知・宮崎・鹿児島・沖縄）の各産地合計68ヶ所から標本を収集した. それらの標本の中から各産地を代表するように21地点（標本）を選抜した. 供試した21地点の標本のうち, 16地点は, 2009年産の個体を使用したが, 入手できなかった残りの9地点の産地については2008年産を使用した（表 2）. なお, 2009年産と2008年産との相違を調べるため, 大阪市都島区産および石垣市伊原間産の2地点の個体については, 両年産の標本を材料として用いることにした.

3. DNAの抽出とシークエンス

ゲノムDNAは各個体の触角を含む頭部を切断して抽出した. 抽出にはZR Insect/Tissue Kit, 25, ZR (50 Preps) D6016 (Zymo Research Co.)を使用した. 抽出したDNAはdH_2O100 μlに再懸濁させた. PCRによる*CO II* 遺伝子の増幅に使用したプライマーは, Pierre+SP6 (5'-GATTT AGGTG ACACT ATAGA GAGCC TCTCC TTTAA TAGAA CA-3')および Eva + T7 (5'-TAATA CGACT CACTA TAGGG GACCA TTACT TGCTT TCAGT CATCT-3') である. これらのプライマーは Wu *et al*. (2010) が用いたプライマーの5'末端側に, 配列解析用のT7およびSP6プライマー配列を付加している. PCR反応はLaboPass™ SP-Taq DNA polymerase (Cosmo Genetech Co. Ltd.)を用いて行った. PCR反応は, ゲノムDNA 10 ng, 0.5 μM の各プライマー, 0.25 μMの dNTP's, SP Taq buffer, さらには 1.25ユニットのLaboPass™ SP-Taq DNA polymeraseが含まれている溶液25 μlにて行った. PCRにはBioRad My-cyclerを使用した. 増幅プログラムは94°C 2分の前処理後, 94°C30秒, 55°C30秒, 72°C1分の反応を35サイクル行った. PCR反応後, 増幅産物をMicroSpin S-300 HR Columns［GEヘルスケアジャパン(株)］を用いて精製した. 増幅断片の塩基配列解析は(株)ファスマックに解析委託した. なお, 塩基配列の解読はSP6およびT7プライマーを使用し, ダイレクトシークエンスにて実施した.

4. 最尤法および近隣結合法による配列解析

配列の並列化および系統樹の作成にはMEGA5.2 (Tamura *et al*., 2011) を使用した.

塩基配列の並列化はMEGA5.2に含まれるClustalを使用した. 系統樹の作成は最尤法［maximum likelihood (ML)］および近隣結合法［neighbor-joining method (NJ)］にて行った. 最尤法の計算ではHKYモデルを使用し, ブートストラップは1,000回とした. 近隣結合法ではKimura 2パラメーターを使用し, ブートストラップは1,000回とした. 系統樹を作成する際には, ウラナミシジミとベニシジミも同様の手法で配列を解読し, 外群として解析した. なお, 供試したこれらのサンプルから得られた*CO II*遺伝子の塩基配列はDDBJに登録し, 得られたAccession No.を表2に表記した.

結果および考察

1. 関東における発生状況

関東での本種の発見は, 2009年8月に東京都品川区内にて複数の成虫が確認された（蓑原・矢後, 2009）のが最初であり, その後東京都港区内（矢後・蓑原, 2009）でも発見された. 表1に示したように, MLでの記録報告では, 9月になると, 東京都内での発見に触発された影響もあると思うが, 都内だけでなく隣接する千葉, 神奈川でも続々と発見されるようになった. 都内では大田区や世田谷区で発見され, 千葉県では館山市, 南房総市, 鴨川市などの房総半島南部で記録された. また, 神奈川県でも逗子市や茅ヶ崎市などの三浦半島や湘南海岸沿いの地域で多数の報告例が続出した. 10月に入ると館山市を始めとした南部一帯（斉藤ら, 2009; 大塚, 2009；千葉県農総研センター長, 2009；河名, 2011）から, 鋸南町から富津市まで分布域が拡大した. 神奈川県内では, 三浦半島（芦澤, 2009）や湘南海岸沿い（柳本, 2010）だけでなく, 横浜市南部の金沢区や北部の青葉区などからも発見され, 本種がさらに分布拡大の様相を呈するようになった. さらには静岡県伊豆半島東部（岩野ら, 2010）などの比較的温暖な地域に植栽されていたソテツからクロマダラソテツシジミの成虫や幼虫などが次々と発見され, 本種が広く関東地方南部一帯に分布拡大したことが明らかになった（図1）. これらの分布拡大の様相は, 各都県別の時系列的に羅列したメーリングリストへの報告例の表（表 1）からも, 9月から10月にかけて千葉県では房総半島南部から富津市方面に記録報告が広がり, 神奈川県でも三浦半島や湘南地域だけでなく, 横浜市南部や北部まで広がっていることを把握することが可能であった.

その後, 翌2010年には, 前年に記録が見られたこれらの関東地方一帯からはまったく本種の記録が途絶えてしまった. 河名（2011）は, 千葉県南部地域の露地にて冬季の温度条件で蛹化する個体がみられるが, 蛹はほとんどの個体が死亡あるいは羽化不完全となり, 千葉県で越冬する可能性が小さいことを報告した. すなわち, 2009年に関東地方南部にて発生した個体群は, 恐らく現地で越冬できるだけの耐寒性を有していなかったため, 越冬できずに死に絶えてしまったことで継続発生できなかったものと推察された.

さらに, 2011年になると, 9月から10月にかけて東京都大田区（田中, 2013）や港区, 江東区などで再び記録され（田中, 2012）, 同年秋には神奈川県の三浦半島や横浜市栄区,

表1. 2009年と2011年に関東で報告されたクロマダラソテツシジミの相模の蝶を語る会のメーリングリストおよびグループ多摩虫のメーリングリストの一部から抜粋した記録.

Table 1. Data on the cycad pest, *Chilades pandava* extracted from the mailing list of the Sagami Butterfly Investigator's Society and a part of the mailing list of Group Tamamushi reported in the Kanto region in 2009 and 2011.

場所	調査日	報告者	確認個体
【神奈川県】			
逗子市小坪5丁目逗子マリーナ	2009.9.26	柳本　茂	幼虫5頭採集他多数目撃
逗子市小坪5丁目逗子マリーナ	2009.9.26	芦澤一郎	3齢幼虫15
逗子市小坪3丁目ハイランド	2009.9.27	中村進一	幼虫4頭採集他3目撃
茅ヶ崎市東海岸北	2009.9.27	岸　一弘	幼虫多数目撃・若齢・終齢・一部撮影
逗子市小坪5丁目	2009.9.28	井原伸一	9幼虫目撃・一部撮影
横須賀市走水2丁目	2009.9.28	芦澤一郎	1齢幼虫1
藤沢市江ノ島	2009.9.29	鈴木　勝	>6幼虫目撃・一部撮影
三浦市南下浦町金田	2009.9.29	芦澤一郎	3齢幼虫2採集4目撃・一部撮影
三浦市三崎町諸磯	2009.9.30	芦澤一郎	2齢幼虫3・一部撮影
横須賀市鴨居4丁目	2009.9.30	芦澤一郎	3齢幼虫2・一部撮影
横須賀市走水2丁目	2009.9.30	芦澤一郎	2齢幼虫2・一部撮影
三浦市南下浦町金田	2009.10.1	芦澤一郎	4齢幼虫1
藤沢市鵠沼海岸	2009.10.1	鈴木　勝	多数幼虫目撃・終齢・一部撮影
横須賀市津久井5丁目	2009.10.1	朝長政昭	若令幼虫10
横浜市金沢区幸浦2丁目	2009.10.1	岡本雅昭	8終齢幼虫目撃
横須賀市長坂4丁目	2009.10.2	芦澤一郎	終齢幼虫16・一部撮影
藤沢市辻堂西海岸3丁目	2009.10.2	鈴木　勝	>6幼虫目撃・中齢・一部撮影
横須賀市長坂4丁目	2009.10.3	芦澤一郎	終齢幼虫多数
横浜市金沢区幸浦2丁目	2009.10.3	武野貴一	1終令1幼虫採集
藤沢市鵠沼海岸	2009.10.4	滝沢　宏	多数目撃・3頭撮影・5頭採集
藤沢市鵠沼海岸	2009.10.4	鈴木　勝	4目撃・一部撮影
横須賀市長坂4丁目	2009.10.4	芦澤一郎	2♂2♀採集・2♂2♀目撃・一部撮影
大磯町国府本郷	2009.10.6	浅野勝司	多数幼虫目撃・一部採集
三浦市南下浦町金田	2009.10.6	芦澤一郎	終齢幼虫4・一部撮影
三浦市南下浦町上宮田	2009.10.7	芦澤一郎	終齢幼虫3目撃
三浦市南下浦町上宮田	2009.10.8	芦澤一郎	終齢幼虫4・一部撮影
大磯町西小磯	2009.10.9	宮田昌之	多数幼虫撮影
藤沢市鵠沼海岸	2009.10.9	浅野勝司	多数目撃
横浜市青葉区元石川	2009.10.10	徳永威久	2♂撮影
藤沢市鵠沼海岸	2009.10.11	渋谷眞	4♂4♀採集・目撃多数
横須賀市長坂4・南葉山霊園	2009.10.11	塩　昭夫	5♂目撃
横須賀市長坂4・南葉山霊園	2009.10.11	渋谷　眞	1♂1♀採集・目撃7頭
横浜市青葉区元石川	2009.10.11	徳永威久	5♂2♀撮影・1♂1♀採集
横浜市青葉区元石川	2009.10.12	徳永威久	3♂1♀観察・一部撮影
逗子市小坪披露山	2009.10.12	中村進一	4♀一部撮影
三浦市南下浦町金田	2009.10.12	芦澤一郎	1蛹撮影
三浦市三崎町諸磯	2009.10.12	芦澤一郎	終齢幼虫4目撃
横須賀市長坂4丁目	2009.10.12	芦澤一郎	卵多数・8孵化卵目撃
横須賀市鴨居4丁目	2009.10.12	芦澤一郎	終齢幼虫10目撃・一部撮影
横須賀市走水2丁目	2009.10.12	芦澤一郎	終齢幼虫8目撃・一部撮影
横須賀市長坂4丁目	2009.10.13	芦澤一郎	4♂3♀目撃（1ペア交尾中）・一部撮影
藤沢市鵠沼海岸	2009.10.14	滝沢　宏	2蛹目撃
藤沢市鵠沼海岸	2009.10.14	沼田和洋	>6目撃・一部撮影
横須賀市長坂4丁目	2009.10.16	芦澤一郎	3♂目撃
横浜市青葉区元石川	2009.10.17	井上孝美	3♂2♀
逗子市小坪：披露山	2009.10.18	塩　昭夫	♂1頭目撃／撮影
藤沢市鵠沼海岸	2009.10.18	塩　昭夫	♂10頭以上♀10頭以上目撃／一部撮影
逗子市小坪5丁目逗子マリーナ	2009.10.19	柳本　茂	1♂採集1頭目撃
三浦市南下浦町金田	2009.10.19	芦澤一郎	2齢幼虫1目撃
横須賀市長坂4丁目	2009.10.19	芦澤一郎	3♂2♀目撃・一部撮影
藤沢市鵠沼海岸	2009.10.20	山崎隆嗣	2撮影
横須賀市長坂4・南葉山霊園	2009.10.21	岡本雅昭	多数目撃
横須賀市走水2丁目	2009.10.22	芦澤一郎	2♂2♀目撃・一部撮影
藤沢市鵠沼海岸	2009.10.22	滝沢　宏	3♂4♀目撃・一部撮影
横須賀市長坂4丁目	2009.10.27	芦澤一郎	1♂6♀採集・14♂5♀目撃
横須賀市長坂4丁目	2009.10.29	芦澤一郎	3齢幼虫1目撃
鎌倉市腰越3丁目	2009.10.31	沼田和洋	1♀目撃撮影
逗子市小坪5丁目逗子マリーナ	2009.10.31	井上孝美	2♀
藤沢市鵠沼海岸1丁目	2009.10.31	沼田和洋	8♂6♀目撃・一部撮影

場所	調査日	報告者	確認個体
横浜市金沢区福浦1丁目	2009.11.2	芦澤一郎	1羽化殻採集
大磯町西小磯	2009.11.3	宮田昌之	1♂撮影
藤沢市鵠沼海岸	2009.11.3	坂本　博	1♂撮影
大磯町西小磯	2009.11.6	鈴木　勝	7目撃・一部撮影
横須賀市長坂4丁目	2009.11.7	芦澤一郎	1♂3♀採集・♂多数5♀目撃
三浦市南下浦町金田	2009.11.8	芦澤一郎	1♂撮影
逗子市小坪5丁目	2009.11.9	柳本　茂	幼虫多数目撃
横須賀市長坂4丁目	2009.11.15	芦澤一郎	終齢幼虫3採集1目撃
横須賀市長坂4丁目	2009.11.20	芦澤一郎	3♂2♀採集・11♂3♀目撃・一部撮影
横須賀市長坂4丁目	2009.11.27	渡　弘	1♂9♀目撃・一部撮影
横須賀市長坂4丁目	2009.11.27	芦澤一郎	2♂5♀目撃・一部撮影
横須賀市長坂4丁目	2009.12.1	芦澤一郎	4♂1♀目撃・1♀採集・一部撮影
横須賀市長坂4丁目	2009.12.7	芦澤一郎	1♂撮影
逗子市小坪5丁目	2011.9.16	柳本　茂	7頭幼虫採集
逗子市小坪5丁目逗子マリーナ	2011.9.18	飯田博茂	10頭幼虫採集
大磯町石神台	2011.9.22	宮田昌之	2♂1♀撮影
横須賀市長坂4丁目	2011.9.22	芦澤一郎	終齢幼虫3撮影後採集
逗子市小坪5丁目逗子マリーナ	2011.9.25	井上孝美	1♀撮影
二宮町緑が丘	2011.9.25	岸　一弘	1♀採集・7♂2♀目撃
大磯町西小磯	2011.9.28	中村なおみ	1♂撮影
逗子市小坪5丁目	2011.9.28	柳本　茂	2♀目撃・1♂採集
大磯町国府本郷	2011.9.29	沼田和洋	1♂1♀目撃撮影
大磯町西小磯	2011.9.29	沼田和洋	2♂目撃撮影
横須賀市長坂4丁目	2011.9.29	柳本　茂	4♂1♀採集
横須賀市長坂4丁目	2011.9.30	芦澤一郎	1♀撮影後採集・1頭目撃
逗子市小坪5丁目	2011.10.3	柳本　茂	2♀採集
二宮町川匂	2011.10.3	宮田昌之	1♂確認
横須賀市長坂4丁目	2011.10.3	芦澤一郎	2♂4♀目撃・一部撮影
藤沢市江の島1丁目	2011.10.4	中村なおみ	1卵・2若齢幼虫採集
横須賀市長坂4丁目	2011.10.4	芦澤一郎	3♂採集・1♂2♀目撃・一部撮影
横須賀市長坂4丁目	2011.10.4	柳本　茂	3♂2♀目撃
大磯町国府本郷	2011.10.6	宮田昌之	1♂1♀撮影
大磯町西小磯	2011.10.6	宮田昌之	1♂1♀撮影
逗子市小坪5丁目	2011.10.6	柳本　茂	3齢幼虫2頭採集
鎌倉市坂ノ下	2011.10.6	中村なおみ	2♀撮影・撮影後1♀採集
横須賀市長坂4丁目	2011.10.6	柳本　茂	2♂3♀目撃
鎌倉市由比ヶ浜4丁目	2011.10.7	沼田和洋	1♀目撃撮影
二宮町川匂	2011.10.7	宮田昌之	6♂2♀撮影
横須賀市長井6丁目	2011.10.8	芦澤一郎	1齢幼虫1
逗子市小坪5丁目	2011.10.8	塩　昭夫	2♀目撃・撮影
逗子市小坪5丁目	2011.10.10	柳本　茂	3齢幼虫3頭採集
二宮町川匂	2011.10.10	宮田昌之	3♂2♀撮影
横須賀市長坂4丁目	2011.10.11	芦澤一郎	中齢幼虫13
横須賀市長坂4丁目	2011.10.12	芦澤一郎	1齢～終齢幼虫多数
逗子市小坪5丁目	2011.10.16	塩　昭夫	30幼虫目撃
逗子市小坪3丁目	2011.10.16	塩　昭夫	4♂目撃
逗子市新宿5丁目	2011.10.16	塩　昭夫	6♂目撃
横須賀市長坂4丁目	2011.10.16	針谷　毅	5採集・幼虫20以上目撃
横須賀市長坂4丁目	2011.10.16	芦澤一郎	若齢幼虫1目撃
鎌倉市坂ノ下	2011.10.17	中村なおみ	中齢幼虫5・一部撮影
葉山町一色芝崎	2011.10.17	柳本　茂	3齢幼虫4頭採集
葉山町長柄川向	2011.10.18	柳本　茂	1♀採集1♀目撃
藤沢市江の島1丁目	2011.10.18	芦澤一郎	3齢幼虫2・一部撮影
三浦市初声町三戸	2011.10.19	芦澤一郎	2齢幼虫1採集・1目撃
横須賀市長坂4丁目	2011.10.19	芦澤一郎	3齢幼虫多数
三浦市三崎町諸磯	2011.10.20	芦澤一郎	2齢幼虫3
逗子市小坪5丁目	2011.10.21	柳本　茂	幼虫多数目撃
逗子市小坪4丁目	2011.10.23	塩　昭夫	2目撃
葉山町上山口	2011.10.24	芦澤一郎	終齢幼虫1
横須賀市長坂4丁目	2011.10.24	芦澤一郎	4♂3♀目撃・一部撮影

場所	調査日	報告者	確認個体
大磯町西小磯	2011.10.26	宮田昌之	2幼虫目撃
横須賀市長坂4丁目	2011.10.27	芦澤一郎	3♂3♀目撃・一部撮影
横須賀市長坂4丁目	2011.10.28	芦澤一郎	終齢幼虫多数
横須賀市長坂4・南葉山霊園	2011.10.29	塩　昭夫	6幼虫目撃
三浦市三崎町諸磯	2011.10.31	芦澤一郎	3齢幼虫2
横須賀市長坂4丁目	2011.11.2	柳本　茂	1♂3♀目撃
葉山町一色芝崎	2011.11.3	柳本　茂	5蛹採集
横須賀市長坂4丁目	2011.11.4	柳本　茂	幼虫多数目撃
逗子市小坪5丁目	2011.11.5	塩　昭夫	2幼虫目撃
横須賀市長坂4・南葉山霊園	2011.11.5	塩　昭夫	2幼虫目撃
大磯町西小磯	2011.11.7	沼田和洋	4齢幼虫5目撃・一部撮影
鎌倉市由比ヶ浜4丁目	2011.11.7	沼田和洋	31蛹採集
葉山町長柄川向	2011.11.7	柳本　茂	10幼虫採集
横須賀市長坂4丁目	2011.11.7	柳本　茂	幼虫多数目撃
横須賀市長坂4丁目	2011.11.7	芦澤一郎	3齢幼虫5目撃
大磯町国府本郷	2011.11.12	宮田昌之	多数撮影
大磯町西小磯	2011.11.12	宮田昌之	終齢幼虫多数目撃
横須賀市長坂4丁目	2011.11.13	柳本　茂	3♂採集
横須賀市長坂4丁目	2011.11.16	芦澤一郎	2齢幼虫2目撃
横浜市栄区桂台南1丁目	2011.11.17	丸山充夫	1♂採集
横須賀市長坂4丁目	2011.11.18	芦澤一郎	2齢幼虫1
横須賀市長坂4丁目	2011.11.22	柳本　茂	幼虫多数目撃
横須賀市長坂4丁目	2011.11.23	芦澤一郎	2♂1♀採集・9♂2♀目撃・一部撮影
横浜市栄区桂台南2・草笛公園	2011.11.24	丸山充夫	1♀新鮮目撃
横須賀市長坂4丁目	2011.11.30	芦澤一郎	終齢幼虫6
横須賀市長坂4丁目	2011.11.30	柳本茂	6♂5♀採集
横須賀市長坂4丁目	2011.12.4	芦澤一郎	2♀採集・♂♀多数目撃
横須賀市長坂4丁目	2011.12.5	芦澤一郎	2♂1♀採集・3♂1♀目撃
横須賀市長坂4丁目	2011.12.7	柳本　茂	5♂2♀採集
横須賀市長坂4丁目	2011.12.7	芦澤一郎	卵多数目撃
横須賀市長坂4丁目	2011.12.10	芦澤一郎	1齢幼虫1目撃
横須賀市長坂4丁目	2011.12.11	柳本　茂	♂多数目撃2♀採集
横須賀市長坂4丁目	2011.12.11	芦澤一郎	3齢幼虫2目撃・一部撮影
横須賀市長坂4丁目	2011.12.12	芦澤一郎	2♂採集・4♂1♀目撃
横須賀市長坂4丁目	2011.12.15	芦澤一郎	4♂目撃・一部撮影
横須賀市長坂4丁目	2011.12.16	芦澤一郎	3♂1♀目撃・一部撮影
横須賀市長坂4丁目	2011.12.17	田中和夫	5♂2♀撮影
横須賀市長坂4丁目	2011.12.19	柳本　茂	幼虫6頭目撃
横須賀市長坂4丁目	2011.12.19	芦澤一郎	1♀採集・2♂3♀目撃・一部撮影
横須賀市長坂4丁目	2011.12.20	芦澤一郎	1♀採集・5♀目撃・一部撮影
横須賀市長坂4丁目	2011.12.24	芦澤一郎	1♂1♀撮影
横須賀市長坂4丁目	2011.12.25	柳本　茂	1♂1♀目撃
横須賀市長坂4丁目	2011.12.26	芦澤一郎	1♀採集・1♀1頭目撃・一部撮影
横須賀市長坂4丁目	2011.12.27	芦澤一郎	1♂目撃（羽化不全）
横須賀市長坂4丁目	2011.12.29	芦澤一郎	1♀採集・2♂目撃・一部撮影
横須賀市長坂4丁目	2011.12.29	柳本　茂	幼虫4頭目撃
横須賀市長坂4丁目	2012.1.1	芦澤一郎	1♀（羽化不全）撮影後採集
横須賀市長坂4丁目	2012.1.4	芦澤一郎	1♀撮影
横須賀市長坂4丁目	2012.1.4	田中和夫	2♂1♀撮影
横須賀市長坂4丁目	2012.1.5	芦澤一郎	1♂2♀撮影（1♀は羽化不全）
横須賀市長坂4丁目	2012.1.6	芦澤一郎	2♂撮影後採集・1♀（継続観察）撮影
横須賀市長坂4丁目	2012.1.6	柳本　茂	2♀目撃
横須賀市長坂4丁目	2012.1.7	芦澤一郎	1♀撮影（継続観察）
横須賀市長坂4丁目	2012.1.8	芦澤一郎	終齢幼虫2採集・終齢幼虫1死骸目撃
横須賀市長坂4丁目	2012.1.8	吉埜孝広	5撮影
横須賀市長坂4丁目	2012.1.9	芦澤一郎	1♀採集・1♂（羽化不全）2♀目撃・一部撮影
横須賀市長坂4丁目	2012.1.9	柳本　茂	3♂1♀目撃
横須賀市長坂4丁目	2012.1.10	芦澤一郎	1♂採集・2♂1♀・1♀死骸目撃・一部撮影
横須賀市長坂4丁目	2012.1.11	芦澤一郎	2齢幼虫1目撃（継続観察）
横須賀市長坂4丁目	2012.1.12	芦澤一郎	4齢幼虫1（継続）目撃
横須賀市長坂4丁目	2012.1.13	芦澤一郎	2♂2♀採集（1♂死骸・1♂1♀不全）・4♂1♀目撃
横須賀市長坂4丁目	2012.1.14	芦澤一郎	1♀採集・1♂（継続）目撃
横須賀市長坂4丁目	2012.1.15	芦澤一郎	2齢幼虫1（継続）目撃
横須賀市長坂4丁目	2012.1.17	柳本　茂	幼虫1目撃
横須賀市長坂4丁目	2012.1.17	芦澤一郎	2♂（1♂羽化不全）撮影

場所	調査日	報告者	確認個体
横須賀市長坂4丁目	2012.1.18	芦澤一郎	2♂（1♂不全・ともに継続観察）1♀目撃
横須賀市長坂4丁目	2012.1.19	芦澤一郎	2♂（1♂不全で継続観察）目撃・一部撮影
横須賀市長坂4丁目	2012.1.22	芦澤一郎	1♂（継続観察）撮影
横須賀市長坂4丁目	2012.1.23	芦澤一郎	4齢幼虫1目撃
横須賀市長坂4丁目	2012.1.24	芦澤一郎	4蛹目撃
横須賀市長坂4丁目	2012.1.25	芦澤一郎	終齢幼虫1撮影
横須賀市長坂4丁目	2012.1.26	柳本　茂	幼虫1採集
横須賀市長坂4丁目	2012.1.27	芦澤一郎	1♀（羽化不全）撮影・1♀死骸目撃
横須賀市長坂4丁目	2012.1.28	芦澤一郎	1♂（新成虫1月27日羽化）・1♀（継続・不全）目撃
横須賀市長坂4丁目	2012.1.30	芦澤一郎	2蛹（継続観察・1蛹は黒化死亡）目撃
横須賀市長坂4丁目	2012.2.3	芦澤一郎	1♂（羽化不全）撮影
横須賀市長坂4丁目	2012.2.4	芦澤一郎	1♂目撃（羽化不全・継続観察）
横須賀市長坂4丁目	2012.2.5	芦澤一郎	1♂目撃（羽化不全・継続観察）
横須賀市長坂4丁目	2012.2.13	芦澤一郎	1♂（羽化不全）撮影後採集
横須賀市長坂4丁目	2012.2.24	芦澤一郎	3死蛹目撃・一部撮影
【東京都】			
品川区	2009.8.19	矢後勝也	4♂
港区	2009.8.21	矢後勝也	1♂,3卵,50幼虫(1齢2,2齢31,3齢6,終齢18)確認
品川区	2009.8.21	矢後勝也	6♂3♀,6卵確認
港区	2009.8.22	矢後勝也	2♂,18幼虫(2－3齢)確認32
品川区	2009.8.24	矢後勝也	1♂確認
品川区	2009.8.25	矢後勝也	2♂1♀,3卵確認
品川区	2009.8.27	矢後勝也	2♂1ex,3幼虫(終齢)確認6
港区	2009.8.29	矢後勝也	50卵,160幼虫(1齢50,2齢50,3齢30,終齢30)確認
港区	2009.9.1	矢後勝也	2♂1♀,幼虫多数確認
品川区	2009.9.2	矢後勝也	1♂1ex確認
港区	2009.9.3	矢後勝也	幼虫多数確認
港区	2009.9.4	矢後勝也	6♂5♀,幼虫多数確認
港区	2009.9.5	矢後勝也	3♂2♀
港区	2009.9.7	矢後勝也	2♂1♀,25卵確認
港区	2009.9.10	矢後勝也	6♂2♀,30卵,70幼虫(2-3齢)確認
港区	2009.9.11	矢後勝也	15♂11♀,20卵確認
品川区	2009.9.12	田中和夫	幼虫
港区	2009.9.12	矢後勝也	10卵殻,4幼虫(1齢2,2齢2)確認
港区	2009.9.13	矢後勝也	14♂7♀（マーキング12♂6♀）,30卵,3蛹確認
品川区	2009.9.13	矢後勝也	1♀,30卵殻,3幼虫(1齢2,92齢1)確認
世田谷区	2009.9.15	矢後勝也	幼虫
品川区	2009.9.17	井上孝美	成虫・幼虫・蛹
港区	2009.9.17	井原伸一	成虫・幼虫
港区	2009.9.18	井上勇治	成虫・幼虫・蛹
品川区	2009.9.18	渡　弘	成虫・幼虫
港区港南1丁目	2009.9.19	針谷　毅	6幼虫採集・多数幼虫目撃
港区港南1・芝浦中央公園	2009.9.22	岡本雅昭	3♂1終齢幼虫1蛹目撃・一部撮影
大田区田園調布3丁目*	2009.9.26	田中和夫	1幼虫
大田区田園調布5丁目*	2009.9.26	田中和夫	2幼虫
世田谷区	2009.9.27	矢後勝也	幼虫
大田区城南島	2011.9.3	田中和夫	1♂1♀・多数幼虫
江東区新木場	2011.10.21	田中和夫	3♂
港区台場	2011.10.25	田中和夫	2♂2♀
大田区城南島4丁目	2011.12.17	田中和夫	1♂2♀撮影
【千葉県】			
館山市	2009.9.13	矢後勝也	4♂6♀,50卵,1幼虫(終齢)確認
南房総市	2009.9.13	矢後勝也	2♂
鴨川市	2009.9.26	美ノ谷憲久	幼虫
館山市	2009.9.26	美ノ谷憲久	幼虫
鴨川市	2009.9.27	美ノ谷憲久	3成虫と1卵1幼虫
館山市	2009.9.27	美ノ谷憲久	10以上成虫;100以上幼虫
鋸南町	2009.10.24	田中和夫	幼虫
南房総市	2009.10.24	田中和夫	幼虫
富津市	2009.10.24	田中和夫	幼虫
【静岡県】			
伊東市	2009.9.12	岩野秀俊	1♂
伊東市	2009.9.13	大島良美	成虫・幼虫
浜松市中区	2009.9.13	杉山友英	成虫・幼虫

*: Data from the mailing list of Group Tamamushi

図1. 2009年に関東でクロマダラソテツシジミが記録された地域.
Fig. 1. Areas where *Chilades pandava* was recorded in the Kanto region in 2009.

図2. 2011年に関東でクロマダラソテツシジミが記録された地域.
Fig. 2. Areas where *Chilades pandava* was recorded in the Kanto region in 2011.

表2. 供試したクロマダラソテツシジミ標本の産地と日本DNAデータバンクから得られたアクセッション ナンバー.
Table 2. Origin of specimens of the cycad pest *Chilades pandava* used and the accession numbers acquired from DNA Data Bank of Japan (DDBJ).

No.	産地（都府県）		採集日	Accession No.
1	千葉県	館山市藤原	2009/9/27	AB792660
2		館山市中里	2009/9/27	AB792661
3		鴨川市畑	2009/9/27	AB792662
4	東京都	港区港南	2009/9/10	AB792663
5		港区海岸	2009/10/20	AB792664
6	神奈川県	藤沢市鵠沼海岸	2009/10/27	AB792665
7		横須賀市長坂	2009/11/20	AB792666
8	静岡県	伊東市湯川	2009/9/15	AB792667
9	和歌山県	東牟婁郡太地町太地	2008/9/2	AB792668
10	奈良県	大和郡山市小泉町大法寺	2008/12/11	AB792669
11	大阪府	大阪市都島区大川	2009/9/15	AB792670
12		大阪市都島区大川	2008/9/8	AB792671
13	兵庫県	西宮市浜甲子園	2008/9/13	AB792672
14	香川県	小豆郡小豆島町蒲生	2008/9/26	AB792673
15	高知県	高知市丸ノ内	2009/10/1	AB792674
16	宮崎県	日南市西町	2009/9/12	AB792675
17	鹿児島県	指宿市開聞岳	2009/9/10	AB792676
18	沖縄県	中頭郡中城村登又	2008/10/13	AB792677
19		石垣市伊原間	2009/11/1	AB792678
20		石垣市伊原間	2008/11/15	AB792678
21		八重山郡与那国島比川	2009/10/14	AB792680
ウラナミシジミ*	神奈川県	藤沢市亀井野	2009/11/20	AB792681
ベニシジミ*		藤沢市亀井野	2009/11/20	AB792682

*: Out group.

藤沢市，大磯町といった湘南海岸の一部でも散発的に再発生が認められるようになった（芦澤，2012; 丸山，2012; 中村，2012; 柳本，2012）（図2）．しかしながら，2011年での発生状況は，2009年での発生とは少し異なり，東京都内や神奈川県内での発生地域は2009年とほぼ同様の地域であったものの，各地での発生個体数は圧倒的に少なかった．発生はしたものの，分布の拡大は比較的狭い地域に限定されてしまい，2009年のようには拡がらなかったようである．千葉県南部の房総半島では発生せず，伊豆半島では伊東市の一部にのみ発生が見られた（森田，2012）が，関東全域にわたって拡散することはなかった（蓑原ら，2012）．

2009年になって初めて関東地方南部で多発したクロマダラソテツシジミは，翌2010年にはまったく姿を見せることなく，各地から消滅してしまった．しかし，2011年になると，再度一部地域で再発生したが，本種はひとたび定着した関東で越冬して，翌年の次世代以降の発生源になり得るのだろうか．平井ら（2008）は，15℃の低温では幼虫や卵の死亡率が高まったことから，大阪付近で本種が野外で越冬することは難しいことを指摘しているが，その一方で，越冬説も完全には否定することはできないと述べている．関東地方でも2010年に発生が見られなかったことから，越冬個体群による発生は認められなかったと推測された．しかしながら，2011年に神奈川県横須賀市内の一角で発生した個体群の一部は，年を越えた2012年1月から2月になっても細々と生き残り，2月13日まで羽化不全ながらも成虫が羽化し，それ以後は成虫の発生が見られなかった（芦澤，2013）ため，果たして幼虫や蛹が死滅せずに越冬して，春になって新世代成虫が羽化不全することなく無事に羽化してくるのか動向が気になる．千葉県では露地で越冬できる可能性が小さいことが指摘されている（河名，2011）が，生息場所付近の温度などの微気象的条件が揃えば，ソテツ株内に潜り込んで幼虫越冬できる可能性があるかもしれないと考えている．

2. クロマダラソテツシジミの系統関係

日本国内の各産地68地点から21標本を選抜しウラナシジミおよびベニシジミとあわせて，ミトコンドリアDNA（*CO II*遺伝子）の塩基配列621 bpを解析し(Acc. No. AB792660～AB792682)，最尤法および近隣結合法による分子系統樹を作成した（図3, 4）．最尤法と近隣結合法の二法を用いた
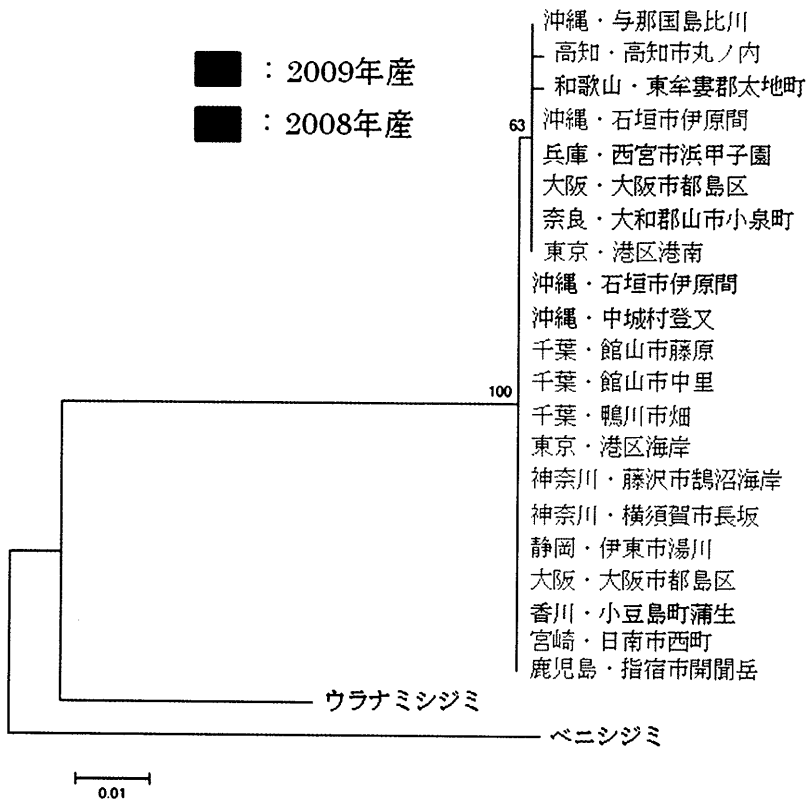
図3. 最尤法によるクロマダラソテツシジミの分子系統樹.

Fig. 3. Genetic analysis of *Chilades pandava*. Phylogenetic tree developed using the Maximum likelihood method with MEGA Ver. 5.2.
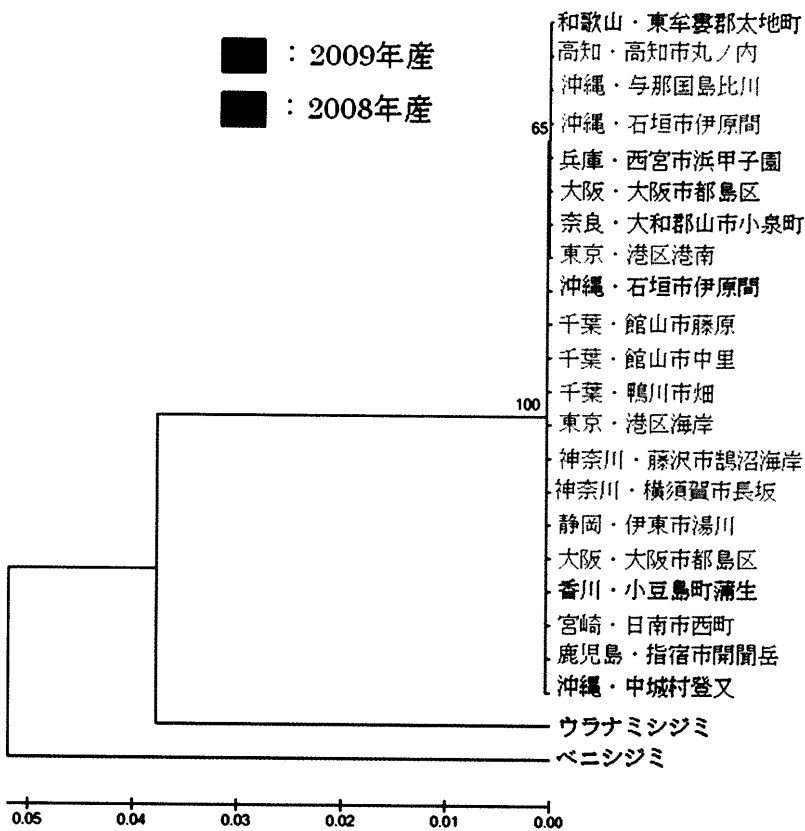
図4. 近隣結合法によるクロマダラソテツシジミの分子系統樹.

Fig. 4. Genetic analysis of *Chilades pandava*. Phylogenetic tree developed using the neighbor-joining method with MEGA Ver. 5.2.

結果，同様の樹形の系統樹が得られた.作成した系統樹からは，大きく二つのグループに大別されたが，それぞれの遺伝的距離は極めて近かった．そのため，沖縄から鹿児島，宮崎，大阪，静岡，神奈川，東京，千葉などに移入したグループと沖縄方面から奈良，和歌山，大阪，兵庫などに移入したグループに分けることができたが，沖縄方面から関西方面や関東方面に複数個体が侵入した形跡があることがうかがえた．さらに関東各地での個体群間に遺伝的差異がほとんど見られなかったことから，発生源の由来は同一であると考えられた．

本州にて発生した原因については，①気流などを利用して自力で飛来した．②宿主であるソテツの苗などに付着して運ばれてきた．③愛好家が放した．の3点を挙げている（平井ら, 2009）が，いずれの経路でも侵入の可能性があるため明確な結論は記述されていない．今回の結果からも，沖縄方面から複数回にわたって関東に侵入したことは判明したものの，どのような経路で侵入したかについては確固たる証拠が見あたらないため言及できないであろう．しかし，関東に侵入後の分布拡大の経路については，2009年に各地で多発した際，当初8月に東京都内での発見以降，9月から10月になるに従って神奈川県南部や房総半島南部での分布範囲が少しずつ拡大する傾向が見られたため，ひとたび定着した個体群から羽化した成虫が自力で近隣の他所へ飛来して分布を拡げていったと推察できるであろう．

クロマダラソテツシジミには4亜種の存在が知られている (Wu *et al*., 2010) が，ハプロタイプによる遺伝的多様性の解析から，大阪・兵庫産の個体は中国大陸から東南アジアにかけて広く生息する名義タイプ亜種 (*C. pandava pandava*) と近縁であり，与那国島産の個体は，台湾亜種 (*C. pandava peripatria*) や済州島産と近縁であると報告している．台湾の西部には，移入による名義タイプ亜種も生息しているため，この2系統のうち，名義タイプ亜種の系統は，大陸から日本に直接入ってきている可能性と共に，台湾経由で入ってきている可能性の両方が考えられる．これらのことより，沖縄周辺や日本の本土内には，名義タイプ亜種と台湾亜種の2系統が侵入している可能性があることを示唆した．今後は，台湾産や大陸産の個体との系統間の遺伝子比較ならびに各亜種と産地間の形態的比較が必要であると考えている．

謝　辞

本研究を遂行するにあたり，以下に掲げた多くの方々から貴重な資料や情報ならびに材料の提供をいただいた．作図協力：川田澄男．資料提供：大塚市郎．材料提供：山本治・三宅誠治・杠　隆史・滝沢　宏・輿水敏夫・柳本　茂・田中和夫・美ノ谷憲久・森田　東・麻生紀章・斎藤太増光・岸本由美子・山元修成．情報提供：矢後勝也・田中和夫・芦澤一郎・飯田博茂・井原伸一・井上孝美・井上勇治・塩　昭夫・岡本雅昭・岸　一弘・宮田昌之・坂本　博・山﨑隆嗣・渋谷　眞・沼田和洋・針谷　毅・浅野勝司・滝沢　宏・鈴木　勝・中村進一・中村なおみ・朝長政昭・渡弘・徳永威久・丸山充夫・武野貴一・柳本　茂・美ノ谷憲久．ここに記して厚く感謝申し上げる（敬称略）．

引用文献

芦澤一郎, 2009. 神奈川県三浦半島南部のクロマダラソテツシジミ生息地. 月刊むし (466): 27–28.

芦澤一郎, 2012. クロマダラソテツシジミの調査記録（2011年9月～12月）. 相模の記録蝶 (26): 3–16.

芦澤一郎, 2013. 2月まで横須賀市で見られたクロマダラソテツシジミ. 相模の記録蝶 (27): 40–46.

千葉県農林総合研究センター長, 2009. ソテツを加害するクロマダラソテツシジミの発生について. 平成21年度病害虫発生予察特殊報第2号, 農林総合研究センター病害虫防除課.

平井規央・森地重博・山本　治・石井　実, 2008. 最近分布を拡大したチョウとガ –クロマダラソテツシジミとイチジクヒトリモドキ–. 昆虫と自然 **43**(12): 13–16.

平井規央, 2009. 本州と四国におけるクロマダラソテツシジミの記録. やどりが (220): 2–20.

平井規央・矢後勝也・坂本佳子・石井 実, 2009. クロマダラソテツシジミの日本への分布拡大とその経路. 昆虫DNA研究会ニュースレター (10): 8–13.

平井良明・小林洋生, 2010. 安房地方におけるクロマダラソテツシジミの生息域の拡大とソテツの被害について. 冬虫夏草 (49): 20–34.

岩　智洋・図師朋弘・槙原　寛, 2009. クロマダラソテツシジミの文献目録とそれから得られた知見. 森林防疫 **58**(3):16–26.

岩野秀俊・篠嶋正彰・森田　東・畠山吉則, 2010. 伊豆半島におけるクロマダラソテツシジミの発生と生態学的知見について. Butterflies (*S. fujisanus*) (51): 12–17.

河名利幸, 2011. 千葉県におけるクロマダラソテツシジミの発生とその後. 森林防疫　**60**(4): 19–22.

丸山充夫, 2012. 横浜市栄区でのクロマダラソテツシジミの記録. 相模の記録蝶 (26): 21–22.

蓑原　茂・矢後勝也, 2009. クロマダラソテツシジミの関東地方における発見. Butterflies (*Teinopalpus*) (52): 58.

蓑原　茂・矢後勝也・田中和夫・森地重博・平井規央, 2012. 関東地方におけるクロマダラソテツシジミの一時発生と分布拡大について. Butterflies (*Teinopalpus*) (62): 40–56.

三橋　渡, 1992. 日本未記録種クロマダラソテツシジミ *Chilades pandava* を沖縄本島で採集. 蝶研フィールド **7**(12): 8–9.

宮本正行, 2009. 三重県におけるクロマダラソテツシジミの発生について. やどりが (220): 21–26.

森田　東, 2012. 伊東市内でクロマダラソテツシジミを採集. 駿河の昆虫 (237): 6549.

中村なおみ, 2012. 2011年大磯町・藤沢市・鎌倉市におけるクロマダラソテツシジミの記録. 相模の記録蝶 (26): 1–3.

大塚市郎, 2009. 館山市藤原でクロマダラソテツシジミを採集. 房総の昆虫 (43): 17.

斉藤明子・尾崎煙雄・盛口　満, 2009. 千葉県におけるクロマダラソテツシジミの初記録と発生初期の生息域. 月刊むし (464): 28–32.

田中和夫, 2012. 東京都でクロマダラソテツシジミ. 多摩虫 (58): 79.

田中和夫, 2013. 大田区城南島のクロマダラソテツシジミ (2011年). 多摩虫 (60): 1-8.

Tamura, K., D. Peterson, N. Peterson, G. Stecher, M. Nei and S. Kumar, 2011. MEGA5: Molecular Evolutionary Genetics Analysis using Maximum Likelihood, Evolutionary Distance, and Maximum Parsimony Methods. *Molec. Biol. Evol.* **28**: 2731-2739.

Wu, L. W., S. H. Yen, C. C. Lees and Y. F. Hsu., 2010. Elucidating genetic signatures of native and introduced populations of the Cycad blue, *Chilades pandava* to Taiwan: a threat both to Sago palm and to native *Cycas* populations worldwide. *Biol. Invasions*, DOI 10.1007/s10530-009-9672-4.

柳本　茂, 2010. クロマダラソテツシジミの神奈川県初の発見とその後の調査観察. 相模の記録蝶 (24): 1-3.

柳本　茂, 2012. 2011年三浦半島に発生したクロマダラソテツシジミ. 相模の記録蝶 (26): 16-21.

矢後勝也, 2007. クロマダラソテツシジミ. 矢田　脩 (編). 新訂原色昆虫大図鑑 I. 蝶蛾篇. 152 pp. 北隆館, 東京.

矢後勝也・嚢原　茂, 2009. 温暖化北上種・クロマダラソテツシジミの関東における発見と発生確認. 昆虫と自然 **44**(11): 21-23.

Summary

The Cycad Blue butterfly (*Chilades pandava*) is a lycaenid species known as a cycad pest. *C. pandava* is widely distributed across the tropical and subtropical zones of Southeast Asia, India, southern China, and Taiwan. In 2009, several reports confirmed the appearance of widely distributed adult and larval colonies in the Kanto region of Japan, but no *C. pandava* outbreak was reported in the same region in 2010. This suggested that colonies failed to survive the winter. However, in 2011, outbreaks reoccurred in limited areas such as Tokyo and a part of Kanagawa Prefecture. Because no *C. pandava* distribution in the Kanto region was reported before 2009, the origin of *C. pandava* colonies in this region, as well as the differences from specimens from other regions, is of great interest.

Therefore, we investigated the origins of *C. pandava* colonies in Kanto in 2009 and carried out a genetic analysis to determine how closely these colonies were related to those of the Kii Peninsula, and the Kansai, Chugoku, Shikoku, Kyushu, and Okinawa regions. Twenty-one specimens were selected from samples collected from 68 locations in Japan. Genomic DNA was recovered from the head (including antennae) of each specimen to sequence the mitochondrial *CO II* gene.

A phylogenetic tree based on the sequence results was constructed and showed that *C. pandava* colonies found in Japan can be divided roughly into two closely related groups. The first group appears to have spread from Okinawa to Kagoshima, Miyazaki, Osaka, Shizuoka, Kanagawa, Tokyo, and Chiba, while the second group spread from Okinawa to Nara, Wakayama, Osaka, and Hyogo. These results suggest that *C. pandava* spread to Kansai and Kanto on more than one occasion. However, genetic differences were negligible among specimens captured at locations within the Kanto region, suggesting a common origin.

(Received May 14, 2012. Accepted June 10, 2013)